حسب الطبعة الجديدة للكتاب المدرسي

التمرين 01

1 – السرعة المتوسطة هي تغير شعاع الموضع في مدة زمنية ، وتغيّر شعاع الموضع هو شعاع الانتقال .

$$\vec{v}_{moy} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{(4\vec{i} - \vec{j} - 3\vec{k}) - (3\vec{i} - 2\vec{j} - \vec{k})}{2} = \frac{1}{2}\vec{i} + \frac{1}{2}\vec{j} - \vec{k}$$

طويلة السرعة المتوسطة : $v_{moy} = \sqrt{(0,5)^2 + (0,5)^2 + (-1)^2} = 1,22\ m/s$

2 - شعاع التسارع المتوسط : $\vec{a}_{moy} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_1 - \vec{v}_0}{\Delta t}$

$-7\vec{i} + 2\vec{j} = \frac{(5\vec{i} + 2\vec{k}) - \vec{v}_0}{5}$ ، ومنه $\vec{v}_0 = 40\vec{i} - 10\vec{j} + 2\vec{k}$

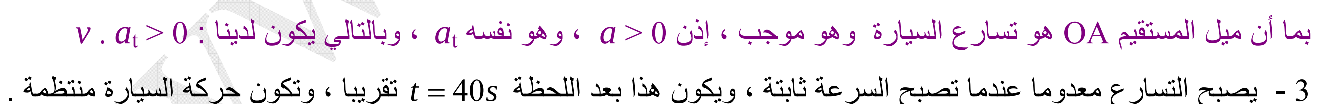
التمرين 02 : حركة مستحيلة ... لا يمكن أن نحقق طورين متتابعين لحركتين منتظمتين .

التمرين 03

1 – تتزايد السرعة من اللحظة 0 حتى اللحظة 40 s ثم بعد ذلك تصبح ثابتة .

2 - نعلم أن التسارع يكون ثابتا إذا كانت السرعة دالة من الدرجة الأولى بالنسبة للزمن .

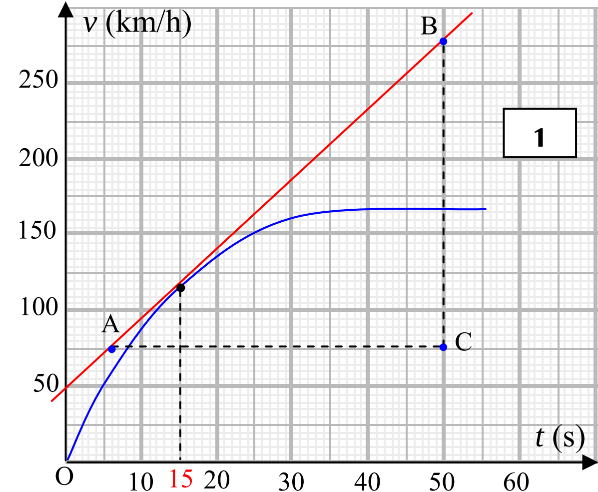
نلاحظ على البيان أن في المجال الزمني [0 , 5 s] يكون مخطط السرعة عبارة عن خط مستقيم (أي من O إلى A) . إذن في هذا المجال الزمني يكون تسارع السيارة ثابتا ، وبالتالي تكون حركة السيارة في هذا المجال متسارعة بانتظام .

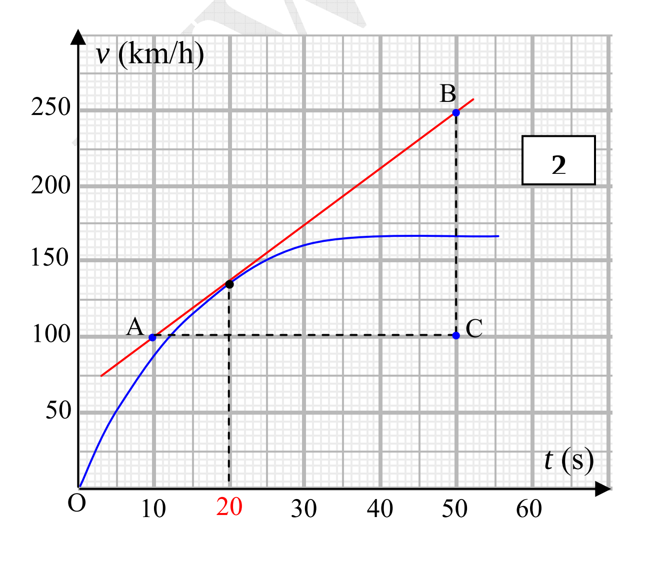

نختار دائما محورا موجها في جهة الحركة لكي نقول أن $v > 0$.

بما أن ميل المستقيم OA هو تسارع السيارة وهو موجب ، إذن $a > 0$ ، وهو نفسه a_t ، وبالتالي يكون لدينا : $v \,.\, a_t > 0$

3 - يصبح التسارع معدوما عندما تصبح السرعة ثابتة ، ويكون هذا بعد اللحظة $t = 40s$ تقريبا ، وتكون حركة السيارة منتظمة .

4 -





التسارع في اللحظة t هو ميل المماس لمخطط السرعة في تلك اللحظة .

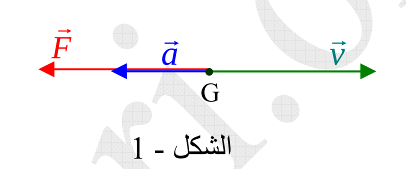
في اللحظة $t = 15$ s :

$$a_{15} = \frac{BC}{AC} = \frac{\frac{205}{3,6}}{44} = 1,3\ m/s^2$$ (حوّلنا السرعة من km/h إلى m/s بتقسيمها على 3,6)

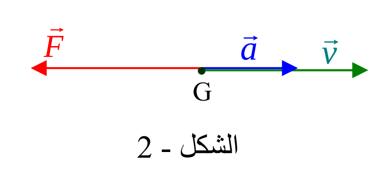
في اللحظة $t = 20$ s :

$$a_{20} = \frac{BC}{AC} = \frac{\frac{150}{3,6}}{40} = 1,04 m/s^2$$

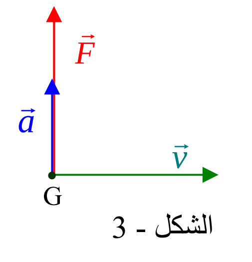
التمرين 04



الشكل - 1



الشكل - 2



الشكل - 3

الشكل – 1 :

حركة مستقيمة : لأن التسارع الناظمي معدوم .

حركة متباطئة بانتظام : لأن $\vec{v} \times \vec{a} < 0$ ، أي :

$\vec{v} \times \vec{a} = v \times a\ cos(\vec{v}, \vec{a})$ ، ولدينا الزاوية بين الشعاعين $180°$ ، وبالتالي $cos 180 = -1$ ، إذن الجداء سالب)

الشكل – 2 : وضعية مستحيلة .

حسب القانون الثاني لنيوتن $\vec{F} = m\ \vec{a}$ ، وبما أن $m > 0$ ، إذن يجب أن يكون $\vec{F}$ و $\vec{a}$ في نفس الجهة .

الشكل – 3 :

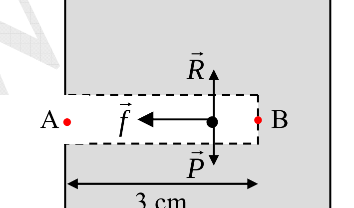
بما أن $\vec{a} \perp \vec{v}$ ، إذن التسارع المماسي معدوم ، وبالتالي الحركة دائرية منتظمة .

التمرين 5

حسب القانون الثاني لنيوتن $\vec{F} = m\ \vec{a}$ ، حيث $\vec{F} = \vec{F_1} + \vec{F_2}$ ، وبالتالي : $-\vec{i} - 2\vec{j} - 3\vec{k} + \vec{F_2} = 2(4\vec{i} - 3\vec{j})$ ومنه

$$\vec{F_2} = 9\vec{i} - 4\vec{j} + 3\vec{k}$$

التمرين 06



نعتبر الرصاصة نقطة مادية .

لما وصلت الرصاصة إلى النقطة A كانت سرعتها v_A ، ولما وصلت إلى النقطة B انعدمت سرعتها لأنها توقفت .

نعتبر القوة المعرقلة لحركة الرصاصة محصورة في قوة واحدة $\vec{f}$.

بتطبيق القانون الثاني لنيوتن : $\vec{f} + \vec{P} + \vec{R} = m\vec{a}$ ، وبالإسقاط على المحور الأفقي الموجّه في جهة الحركة :

$$-f = ma \qquad (1)$$

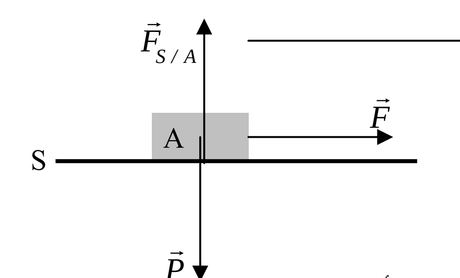
بما أن القوة ثابتة إذن الحركة متغيّرة بانتظام . نطبق العلاقة $v_B^2 - v_A^2 = 2a(AB)$ لحساب التسارع :

$$a=\frac{0-(400)^2}{2\times0,03}=-2,7\times10^6\ m.s^{-2}$$

بالتعويض في العلاقة (1) : $F=-0,01\times\left(-2,7\times10^6\right)=2,7\times10^4\,N$

المقارنة : $\frac{F}{P}=\frac{2,7\times10^4}{60\times10}=45$ ، هذه القوة تكافيء وزن 45 شخص (قسم مكتظ من التلاميذ) .

التمرين 07



1 - بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على حركة الطائرة :

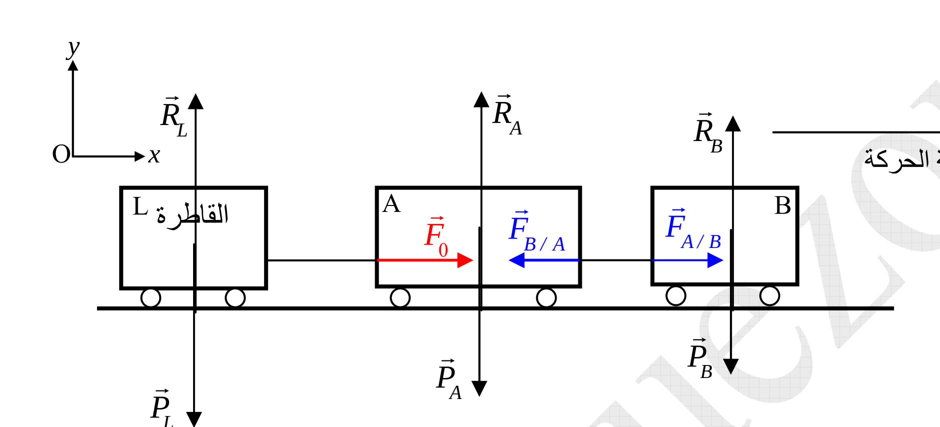
$\vec{F}+\vec{P}+\vec{F}_{S/A}=M\ \vec{a}$ ، وبإسقاط هذه العلاقة الشعاعية على المحور الموضح في الشكل

$F=Ma$. تطبيق عددي : $a=\frac{8,8\times10^5}{3\times10^5}=2,93\ m/s^2$

2 - بما أن الحركة متغيرة بانتظام (التسارع ثابت) يمكن تطبيق العلاقة $v_2-v_1=at$ ، مع العلم أن $v_1=0$

$$v_2=2,93\times10=29,3\ m/s$$

التمرين 08



بإهمال الاحتكاك ،

1 – نطبّق نظرية مركز العطالة على العربة A :

$$\vec{F}_0+\vec{F}_{B/A}+\vec{P}_A+\vec{R}_A=m_A\vec{a}$$

بإسقاط هذه العلاقة على المحور Ox :

$$(1)\quad F_0-F_{B/A}=m_Aa$$

نطبق النظرية على العربة B : $\vec{F}_{A/B}+\vec{P}_B+\vec{R}_B=m_B\ \vec{a}$ ، وبإسقاط هذه العلاقة على المحور Ox :

$$(1)\quad F_{A/B}=m_B\ a$$

القوّتان $\vec{F}_{A/B}$ و $\vec{F}_{B/A}$ عبارة عن فعل متبادل ، إذن مجموعهما معدوم (القانون الثالث لنيوتن) .

بجمع العلاقتين (1) و (2) نجد $F_0=(m_A+m_B)\,a=(1,2+0,8)\times10^4\times2=4\times10^4\text{ N}$

القوة المطبّقة على A من طرف B هي $\vec{F}_{B/A}$ ، نحسب طويلتها من العلاقة (1) أو من العلاقة (2) لأن $\vec{F}_{B/A}=\vec{F}_{A/B}$

$$F_{A/B}=F_{A/B}=m_B\ a=8\times10^3\times2=1,6\times10^4\,N$$

ملاحظة : يمكن حساب F_0 مباشرة بأخذ الجملة $\left(m_A+m_B\right)$

2 - القوة الأفقية المطبّقة على القاطرة من طرف السكة الحديدية مقصود بها قوة المحرك الموجود في القاطرة المطبّقة على القطار .

بتطبيق نظرية مركز العطالة على القطار باعتباره نقطة مادية :

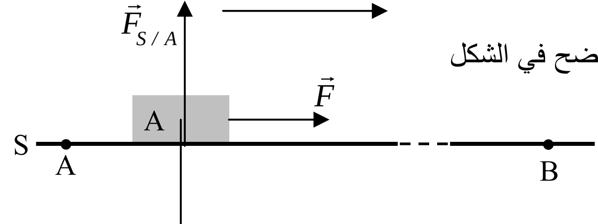
$$\vec{F}+\vec{P}+\vec{R}=\left(m_A+m_B+m_L\right)\vec{a}$$

بإسقاط العلاقة على المحور Ox : $F=\left(m_A+m_B+m_L\right)a$

$$F=(0,12+0,08+1)\times10^5\times2=2,4\times10^5\,N$$

التمرين 09

1 - بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على حركة الطائرة :



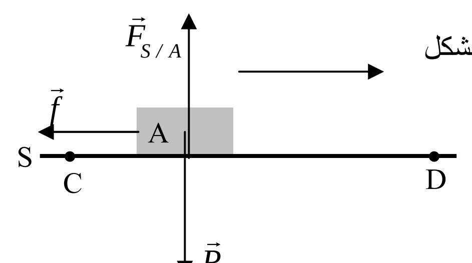
$\vec{F}+\vec{P}+\vec{F}_{S/A}=M\ \vec{a}$ ، وبإسقاط هذه العلاقة الشعاعية على المحور الموضح في الشكل

$F = Ma \quad (1)$

بما أن F ثابتة إذن الحركة متغيّرة بانتظام ، وبالتالي تسارعها

$a=\frac{v_B - v_A}{t_{AB}}=\frac{\frac{250}{3,6}}{2,2}=31,5\ m/s^2$ ، وبالتعويض في (1) : F = 12500 × 31,5 = 3,9 × 10^5 N

2 - بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على حركة الطائرة :



$\vec{f}+\vec{P}+\vec{F}_{S/A}=M\ \vec{a}'$ ، وبإسقاط هذه العلاقة الشعاعية على المحور الموضح في الشكل

$-f = Ma' \quad (2)$

بما أن f ثابتة إذن الحركة متغيّرة بانتظام ، وبالتالي تسارعها :

$a=\frac{v_B^2 - v_A^2}{2(CD)}=\frac{0-\left(\frac{180}{3,6}\right)^2}{2\times 40}=-31,2\ m/s^2$ ، وبالتعويض في (2) : f = – 12500 × (– 31,2) = 3,9 × 10^5 N

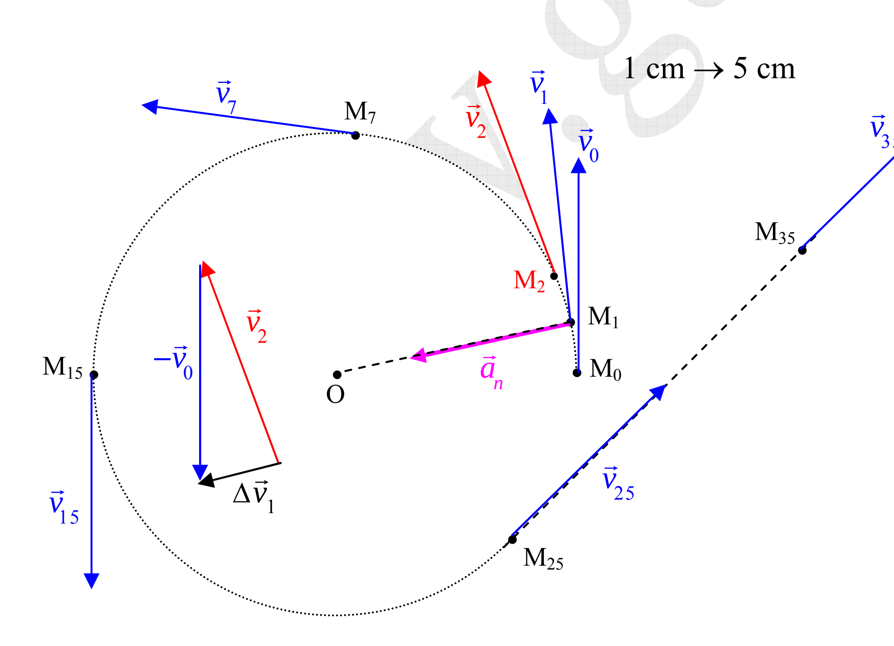
التمرين 10

1 – **وصف الحركة** :

من النقطة M_0 إلى M_{25} الحركة دائرية منتظمة ، لأن : المسافات المقطوعة في مدَد زمنية متساوية (40 ms) هي متساوية .

من النقطة M_{25} إلى النقطة M_{35} الحركة مستقيمة منتظمة ، لأن : المسافات المقطوعة في مدَد زمنية متساوية هي متساوية .

2 – **تمثيل أشعّة السرعة** :



3 – **التسارع المركزي** (الناظمي) :

التسارع المركزي يكون موازيا لشعاع تغيّر السرعة .

نحسبه مثلا في النقطة M_1 .

طويلة السرعة ثابتة في كل النقط ، فمثلا في النقطة M_1

$$v_1=\frac{M_0M_2}{2\tau}=\frac{1\times 5\times 10^{-2}}{2\times 40\times 10^{-3}}=0,62\ m/s$$

$$a_n=\frac{v_1^2}{R}=\frac{(0,62)^2}{2,2\times 5\times 10^{-2}}=3,5\ m/s^2 \ .$$

التمرين 11

1 – بما أن حركة الرجل منتظمة ، فالجزّارة كذلك تكون حركتها منتظمة .

بتطبيق نظرية مركز العطالة على الجزارة :

$\vec{F}+\vec{f}+\vec{P}+\vec{F}_{T/C}=M\ \vec{a}$ ، وبإسقاط هذه العلاقة على المحور Ox

$F\cos\alpha - f = 0$ (التسارع معدوم لأن السرعة ثابتة)

ومنه : $f = F\cos\alpha = 70\times\cos 30 = 60{,}6\ N$

2 - نحتفظ بنفس الشكل مع استبدال القوة $\vec{F}$ بقوّة أخرى $\vec{F}'$ ، ونطبّق نظرية مركز العطالة :

$\vec{F}'+\vec{f}+\vec{P}+\vec{F}_{T/C}=M\ \vec{a}'$ ، وبإسقاط العلاقة على المحور Ox :

$F'\cos\alpha - f = M\ a'$ ، ومنه $F'=\dfrac{Ma'+f}{\cos\alpha}=\dfrac{20\times 1+60{,}6}{0{,}86}=93{,}7\ N$

التمرين 12

جهاز يتحكم في صعود أو نزول الحملة

1 – الجسمان في راحة :

حساب T_1 : نختار الجملة (A + B) ، حيث في هذه الحالة نتخلّص من القوتين الداخليتين T'_2 و T_2 .

$\vec{T}_1+\vec{P}_A+\vec{P}_B=0$ ، وبإسقاط هذه العلاقة على المحور (اختياري) $x'x$:

$T_1-P_A-P_B=0$ ، ومنه $T_1=P_A+P_B=(m_A+m_B)g=0{,}5\times 10=5\ N$

حساب T_2 : نختار الجملة B

$\vec{T}_2+\vec{P}_B=0$ ، وبإسقاط العلاقة على المحور $x'x$ ، نجد $T_2=P_B=m_Bg=0{,}3\times 10=3\ N$

2 – الجسمان يصعدان بسرعة قدرها 5 m/s :

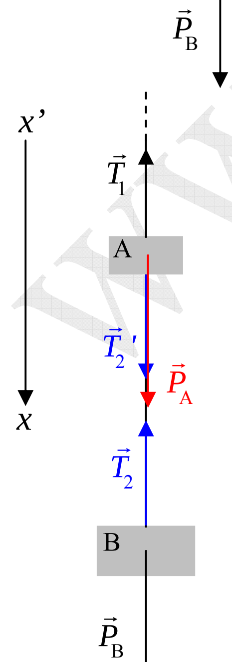
السرعة ثابتة ، إذن التسارع معدوم . نفس الحل السابق .

3 – الجسمان يتسارعان إلى الأعلى بـ $2\ m/s^2$:

حساب T_1 : نختار الجملة (A + B)

$\vec{T}_1+\vec{P}_A+\vec{P}_B=(m_A+m_B)\vec{a}$ ، وبإسقاط هذه العلاقة على المحور $x'x$:

$T_1-P_A-P_B=(m_A+m_B)a$ ، $T_1=P_A+P_B+(m_A+m_B)a=5+0{,}5\times 2=6\ N$ (1)



حساب T_2 : نختار الجملة B

$\vec{T}_2+\vec{P}_B=m_B\vec{a}$ ، وبإسقاط العلاقة على المحور $x'x$ ، نجد $T_2-P_B=m_Ba$ ،

$T_2=P_B+m_Ba=3+0{,}3\times 2=3{,}6\ N$

4 - الجسمان يتسارعان إلى الأسفل بـ $2\ m/s^2$

حساب T_1 : نختار الجملة (A + B)

$\vec{T}_1+\vec{P}_A+\vec{P}_B=(m_A+m_B)\vec{a}$ ، وبإسقاط هذه العلاقة على المحور $x'x$:

$P_A+P_B-T_1=(m_A+m_B)a$ ، $T_1=P_A+P_B-(m_A+m_B)a=5-0{,}5\times 2=4\ N$

حساب T_2 : نختار الجملة B

$\vec{T}_2 + \vec{P}_B = m_B \vec{a}$ ، وبإسقاط العلاقة على المحور $x'x$ ، نجد $P_B - T_2 = m_B a$ ،

$$T_2 = P_B - m_B a = 3 - 0,3 \times 2 = 2,4\ N$$

5 – التسارع الأقصى الممكن :

التوتر T_1 في كل الحالات أكبر من T_2 ، إذن فهو التوتر المقصود .

من العلاقة (1) ، علاقة T_1 في حالة الصعود نضع $T_1 \le 10\ N$:

$P_A + P_B + (m_A + m_B)a \le 10$ ، ومنه $a \le \dfrac{10 - (P_A + P_B)}{m_A + m_B}$ ، $a \le 10\ m/s^2$

التسارع الأقصى الممكن هو $a = 10\ m/s^2$. لو تجاوزت الجملة هذا التسارع ينقطع الخيطان ، حيث يتجاوز توتر الخيط العلوي القيمة 10 N والخيط السفلي يتجاوز القيمة 6 N .

التمرين 13

آلة أتود (Machine d'Atood) : عبارة عن بكرة خفيفة قابلة للدوران حول محورها الأفقي .

يمرُّ على محزّها خيط مهمل الكتلة ويحمل في طرفية أسطوانتين C_1 و C_2 كتلتاهما $M_1 = M_2 = M$ ، يمكنهما الحركة أمام مسطرة مدرّجة . هذه المسطرة ملصقة على حامل البكرة .

عندما تنزل الأسطوانة C_1 تمرّ داخل حلقة مثبّتة مع المسطرة (تسمى حلقة مُفرّغة) .

يمكن أن ندرس بواسطة آلة أتود طورين لحركة C_1 . من أجل هذا الغرض نضع فوقها جسما مجنّحا كتلته m ، بحيث لما تصل المجموعة (الجسم المجنّح و C_1) إلى الحلقة تمر C_1 ، أما الجسم المجنّح يبقى عالقا فوق الحلقة بسبب وجود الجناحين ، ولأن الخيط يمر عبر ثقب في مركز الجسم المجنّح .

لكي نجد علاقة رياضية فيها g ندرس حركة الجملة في طورها الأول ، أي أثناء الانتقال H .

تبدأ الجملة حركتها من السكون .

جهة الحركة واضحة ، أي في جهة C_1 . نفصّل الجملة لكي يتسنى لنا تمثيل القوى :

نطبّق نظرية مركز العطالة على الجزء $(M_1 + m)$:

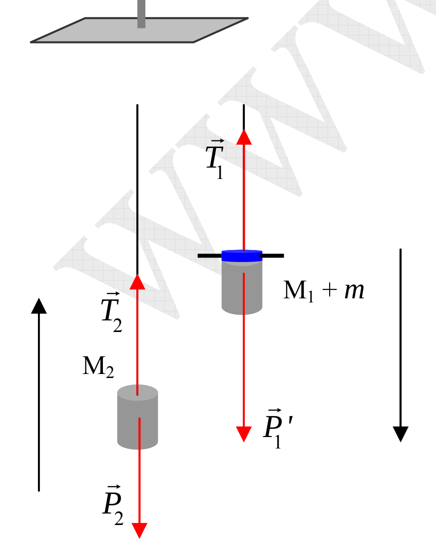
$\vec{P}_1' + \vec{T}_1 = (M_1 + m)\vec{a}_1$ ، وباسقاط هذه العلاقة على المحور الموجه في جهة الحركة :

$$P_1' - T_1 = (M_1 + m)a_1 \qquad (1)$$

نطبّق نظرية مركز العطالة على الجزء (M_2) :

$\vec{P}_2 + \vec{T}_2 = M_2 \vec{a}_2$ ، وباسقاط هذه العلاقة على المحور الموجه في جهة الحركة :

$$T_2 - P_2 = M_2 a_2 \qquad (2)$$



الجملة مترابطة ، وبالتالي $a_1 = a_2 = a$. البكرة خفيفة بالنسبة للأجسام الأخرى ، إذن $T_1 = T_2$. بجمع العلاقتين (1) و (2) نجد $g = \dfrac{2M + m}{m} a$ (2)

العلاقة (2) تبيّن أن التسارع ثابت ، وبالتالي حركة الجملة متغيرة بانتظام .

لتكن v_A السرعة التي تصل بها المجموعة $(M_1 + m)$ إلى الحلقة المفرّغة ، يكون بهذا : $v_A^2 - 0 = 2aH$ (بدون سرعة ابتدائية)

$$v_A^2 = 2aH \quad (3)$$

من العلاقة (2) نستخرج $a = \dfrac{m}{2M+m} g$ ، و بعد الحلقة المفرّغة يصبح $a = 0$ (m لا تمرّ ، فعوضناها بالصفر)

ومن هذا نستنتج أن الحركة تصبح منتظمة بعد الحلقة المفرغة ، وبالتالي $D = v_A\ t \quad (4)$

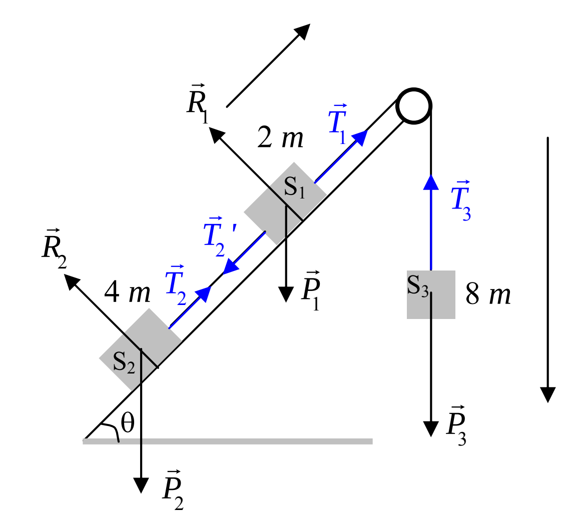
من العلاقتين (3) و (4) نستنتج $\dfrac{D^2}{t^2} = 2aH$ ، ومنه $a = \dfrac{D^2}{2Ht^2}$ ، وبالتعويض في العلاقة (2) نجد المطلوب :

$$g = \frac{(2M+m)D^2}{2mHt^2}$$

التمرين 14

1 – نعيّن جهة الحركة ، ثم ندرس الحركة ونستنتج عبارة التسارع .

تصحيح : المقصود m (ليس M)



تعيين جهة الحركة :

نقارن بين $P_3 = 8\ mg$ و $(P_1 + P_2)\sin\theta = 6mg\ \sin\theta$

بما أن $\sin\theta \le 1$ ، إذن $8 > 6\sin\theta$. إذن جهة الحركة هي جهة S_3 .

نطبق نظرية مركز العطالة على الجسم S_3 : تسارعه a_3

$\vec{P}_3 + \vec{T}_3 = 8m\ \vec{a}_3$ ، وبإسقاط هذه العلاقة على المحور الموجه في جهة الحركة :

$$P_3 - T_3 = 8m\ a_3 \quad (1)$$

نطبق نظرية مركز العطالة على الجملة $(S_1 + S_2)$: تسارعها a'_1

$\vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \vec{T}_1 + \vec{R}_1 + \vec{R}_2 = 6m\ \vec{a}'_1$ ، وبإسقاط هذه العلاقة على المحور الموجه في جهة الحركة :

$$T_1 - P_1\sin\theta - P_2\sin\theta = 6m\ a'_1 \quad (2)$$

$T_1 = T_3$ و $a_3 = a'_1 = a$

بجمع العلاقتين (1) و (2) طرفا لطرف نجد : $a = \dfrac{P_3 - (P_1+P_2)\sin\theta}{14m} = \dfrac{g}{7}(4 - 3\sin\theta)$

تصحيح : a مستقل عن m .

ملاحظة :

في حالة وجود الاحتكاك على المستوي المائل لا تكون a مستقلة عن m ، لكن التمرين لم يشير لوجود الإحتكاك ، بل أشار له فقط في السؤال 2 - أنه مهمل . نحن أهملناه في كل الأسئلة .

$$a = \frac{g}{7}(4 - 3\sin\theta) = \frac{10}{7}\left(4 - 3\frac{\sqrt{2}}{2}\right) = 2{,}7\ m/s^2$$

2 - الفرق $T_1 - T_2$ هو نفس الفرق $T_1 - T'_2$ ، لأن $T_2 = T'_2$.

من أجل إيجاد هذا الفرق نطبق نظرية مركز العطالة على الجسم S_1 ونسقط مباشرة على المحور السابق :

$T_1 - T'_2 - P_1\sin\theta = 2m\ a$ ، ومنه $T_1 - T_2 = P_1\sin\theta + 2m\ a = 20 \times \dfrac{\sqrt{2}}{2} + 2 \times 2{,}7 = 19{,}5\ N$